

“HOW CAN WE IMPROVE CLINICAL OUTCOMES IN PICU WITH THE **BALANCED SOLUTION:** WHICH ONE IS THE PREFERRED CHOICE?”

วันที่ 13 พฤษภาคม 2569 | ณ โรงแรมแกรนด์ เซ็นเตอร์ พอยท์ ลุมพินี

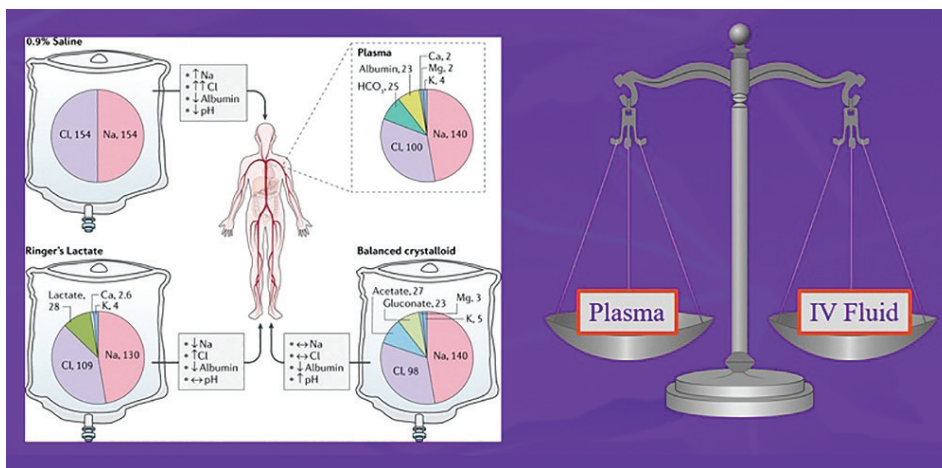


Speaker
ผศ.พ.ว. บันดา ช็อตรส
โรงพยาบาลพรตราชบุรี



Moderator
ศ.พญ. สุวรรณ ภูมิธรรม
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล
มหาวิทยาลัยมหิดล

การรักษาด้วยสารน้ำเป็นการรักษาที่มีประโยชน์และมีการใช้กันอย่างแพร่หลายมานานแล้ว โดยหลักการสำคัญของการให้สารน้ำทางหลอดเลือดดำ (intravenous fluid หรือ IV fluid) คือสารน้ำที่ให้เข้าไปในร่างกายของผู้ป่วย ควรมียุคประกอบที่เท่าเทียมหรือใกล้เคียงกับสารน้ำในพลาสมาปกติมากที่สุด อย่างไรก็ตาม สารน้ำในยุคแรกคือ 0.9% NaCl แม้ว่าจะมีค่าความเข้มข้น (osmolality) ที่ใกล้เคียงกับในพลาสมาปกติ แต่กลับมีปริมาณของ sodium (Na^+) และ chloride (Cl^-) ที่สูงกว่าในพลาสมาปกติ จึงได้มีการพัฒนาสารน้ำที่มีความสมดุลของ electrolytes ให้ใกล้เคียงกับในพลาสมาปกติมากขึ้น ที่เรียกว่า Balanced crystalloids โดย Balanced crystalloids ในยุคแรก (First generation) ได้แก่ Ringer's lactate และ Ringer's acetate ส่วน Balanced crystalloids รุ่นใหม่ (New generation) ได้แก่ Multiple Electrolytes Solution (MES) (รูปที่ 1)



รูปที่ 1: แนวคิดการให้สารน้ำในปัจจุบันคือ การให้ IV fluid ที่มีความสมดุลและใกล้เคียงกับพลาสมาปกติ

องค์ประกอบของสารน้ำ Normal Saline Solution (NSS) เทียบกับ Balanced crystalloids

จุดเริ่มต้นสำคัญคือ การเข้าใจว่า NSS ไม่ได้ “normal” ตามชื่อที่เรียก โดยใน human plasma ปกติจะมี chloride อยู่ประมาณ 94–111 mmol/L ขณะที่ 0.9% NaCl มี chloride อยู่ประมาณ 154 mmol/L ซึ่งมากกว่าปริมาณ chloride ใน human plasma ปกติอยู่ถึงประมาณ 50% และมีอัตราส่วน Na:Cl เท่ากับ 1:1

เมื่อเทียบกับพลาสมาที่ประมาณ 1.2–1.5:1 นอกจากนี้ NSS ยังไม่มี buffer และไม่มี potassium, calcium หรือ magnesium เลย ขณะที่ Balanced crystalloids ได้รับการออกแบบให้มีความใกล้เคียงกับพลาสมามากกว่า โดยลด chloride ลง เช่น Multiple Electrolytes Injection Type 1 ที่มี chloride 98 mmol/L หรือ Hartmann's ที่มี chloride 111 mmol/L และเติม buffer ที่เปลี่ยนเป็น bicarbonate ได้ เช่น lactate, acetate หรือ gluconate (รูปที่ 2)

Table 1 | Composition of 0.9% saline and some commonly used balanced crystalloids

	Human plasma	0.9% Sodium chloride	Hartmann's	Ringer's lactate	Ringer's acetate	Multiple Electrolytes Injection Type I	Multiple Electrolytes Injection Type II	Balanced Electrolyte Solution
Osmolarity (mOsm/l)	275-295	308	278	273	276	295	295	309
pH	7.35-7.45	4.5-7.0	5.0-7.0	6.0-7.5	6.0-8.0	4.0-8.0	7.4	5.1-5.9
Sodium (mmol/l)	135-145	154	131	130	130	140	140	145
Chloride (mmol/l)	94-111	154	111	109	112	98	98	127
Potassium (mmol/l)	3.5-5.3	0	5	4	5	5	5	4
Calcium (mmol/l)	2.2-2.6	0	2	1.4	1	0	0	2.5
Magnesium (mmol/l)	0.8-1.0	0	0	0	1	1.5	1.5	1
Bicarbonate (mmol/l)	24-32							
Acetate (mmol/l)	1	0	0	0	27	27	27	24
Lactate (mmol/l)	1-2	0	29	28	0	0	0	0
Gluconate (mmol/l)	0	0	0	0	0	23	23	0
Maleate (mmol/l)	0	0	0	0	0	0	0	5
Na:Cl ratio	1.21:1 to 1.54:1	1:1	1.18:1	1.19:1	1.16:1	1.43:1	1.43:1	1.14:1

Kidney International . 2014

รูปที่ 2: Electrolytes ที่ใช้บ่อยใน Balanced crystalloids เปรียบเทียบกับ NSS¹

ผลเสียของ 0.9% NaCl และอันตรายจาก Hyperchloremia

เป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่าการใช้ 0.9% NaCl ทำให้เกิดปัญหา hyperchloremic metabolic acidosis และใน British Consensus Guidelines on Intravenous Fluid Therapy for Adult Surgical Patients (GIFTASUP)² แนะนำว่า เมื่อจำเป็นต้องให้สารน้ำเพื่อ resuscitation หรือ replacement ควรใช้ balanced salt solution แทน 0.9% NaCl เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงของ hyperchloremic metabolic acidosis (Evidence level 1b) นอกจากนี้ ปัจจุบันยังมีข้อมูลจากการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลเสียของการใช้ 0.9% NaCl และภาวะ hyperchloremia ได้แก่

Chloride กับการไหลเวียนเลือดที่ไต (Renal blood flow, RBF)

การศึกษาในสัตว์ทดลอง³ พบว่า การได้รับสารละลาย 0.9% NaCl ที่มี chloride สูง ทำให้ RBF และ glomerular filtration rate (GFR) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 3) ส่งผลทำให้เกิด afferent arteriolar vasoconstriction ที่ไต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมนุษย์ที่พบว่า การให้ 0.9% NaCl 2 L ลด renal artery flow velocity และ renal cortical tissue perfusion เมื่อเทียบกับ Multiple Electrolytes Solution (MES)⁴

Regulation of Renal Blood Flow by Plasma Chloride

	n	After 1 min of infusion	After 30 min of infusion
Dextrose	7	+10.3±5.1 During vs. before 30 min vs. 1 min P < 0.005	+14.4±6.0 P < 0.001
Na Acetate	8	+35.2±23.5 During vs. before 30 min vs. 1 min P < 0.001	+50.7±23.4 P < 0.001
NaHCO ₃	5	+10.8±11.7 During vs. before 30 min vs. 1 min NS	+20.8±16.1 P < 0.05
NH ₄ Acetate	5	+25.6±20.5 During vs. before 30 min vs. 1 min P < 0.05	+2.3±29.3 NS
NaCl	14	+11.4±4.9 During vs. before 30 min vs. 1 min P < 0.001	-12.5±12.6 P < 0.005
NH ₄ Cl	7	+18.6±11.3 During vs. before 30 min vs. 1 min P < 0.005	-41.3±22.5 P < 0.005

J Clin Invest. Mar 1983; 71(3): 726-735.

รูปที่ 3: การควบคุม renal blood flow โดย plasma chloride: 0.9% NaCl ลด RBF/GFR

Hyperchloremia กับ Acute Kidney Injury (AKI)

การศึกษาของผู้บรรยายและคณะที่รายงานไว้ในปี 2016⁵ พบว่า ในผู้ป่วยที่มีภาวะ severe sepsis/septic shock การมี hyperchloremia และการเพิ่มขึ้นของ serum chloride มีความสัมพันธ์กับการเกิด AKI โดยเป็นความสัมพันธ์แบบ dose-response คือ serum chloride ยิ่งเพิ่มมากขึ้น ระดับความรุนแรงของ AKI ก็ยิ่งสูงขึ้น (รูปที่ 4)

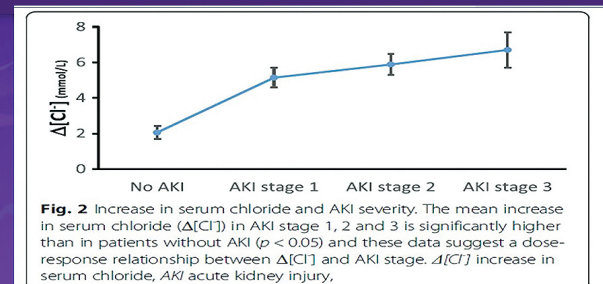


Fig. 2 Increase in serum chloride and AKI severity. The mean increase in serum chloride ($\Delta[\text{Cl}^-]$) in AKI stage 1, 2 and 3 is significantly higher than in patients without AKI ($p < 0.05$) and these data suggest a dose-response relationship between $\Delta[\text{Cl}^-]$ and AKI stage. $\Delta[\text{Cl}^-]$ increase in serum chloride, AKI acute kidney injury.

Critical Care 2016; 20:315

รูปที่ 4: ความสัมพันธ์แบบ dose-response ระหว่างการเพิ่มขึ้นของ serum chloride กับความรุนแรงของ AKI

Hyperchloremia กับอัตราการเสียชีวิต (Mortality)

ผลของ retrospective study การศึกษาหนึ่งที่รายงานไว้ในปี 2017⁶ พบว่า ระดับ chloride ที่สูงผิดปกติของผู้ป่วยตอนรับเข้าโรงพยาบาลมีความสัมพันธ์กับ hospital mortality แบบ U-shaped คือมีอัตรา hospital mortality สูงทั้งเมื่อมี chloride ต่ำและสูงเกินไป (รูปที่ 5) ขณะที่ retrospective study อีกการศึกษาหนึ่งที่รายงานไว้ในปี 2018⁷ พบว่า ในผู้ป่วยเด็กที่มีภาวะ septic shock การมี mean chloride มากกว่า 110 mmol/L มีความสัมพันธ์กับ complicated course และอัตราการเสียชีวิตที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (adjusted odds ratio ประมาณ 3.7)

Chloride alterations in hospitalized patients: Prevalence and outcome significance

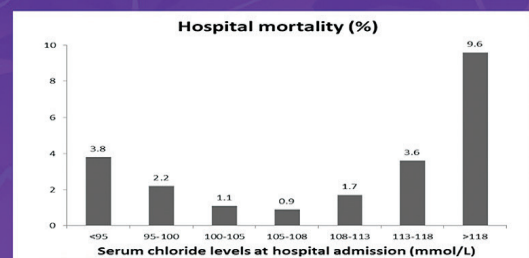


Fig 3. Hospital mortality in percentage (%) among patients with various admission Cl levels.

PLoS One. 2017 Mar 22;12(3):e0174430

รูปที่ 5: Hyperchloremia สัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตที่สูงขึ้น

ประโยชน์ทางคลินิกของ Balanced crystalloids ในผู้ป่วยเด็ก Sepsis และ Septic shock

การศึกษาแบบ multicenter RCT⁸ ที่เปรียบเทียบระหว่าง MES และ 0.9% NaCl เป็น bolus fluid for resuscitation ในผู้ป่วยเด็กที่มีภาวะ septic shock พบว่า MES ลดการเกิด new/progressive AKI ได้ดีกว่า 0.9% NaCl (21% เทียบกับ 33% ตามลำดับ) และลด AKI ที่ต้องทำ dialysis ได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย (relative risk 0.57, $p = 0.006$) (รูปที่ 6)

Multiple Electrolytes Solution Versus Saline as Bolus Fluid for Resuscitation in Pediatric Septic Shock: A Multicenter Randomized Clinical Trial*

Variables	MES Group (351)	Saline Group (n = 357)	Relative Risk or Mean Difference	Risk Difference	
Primary outcome					
New and/or progressive AKI	73 (21%)	119 (33%)	0.62 (0.49 to 0.80)	-12.5% (-19.0 to -6.06%)	
Variables	MES Group (n = 351)	Saline Group (n = 357)	Relative Risk	p	Risk Difference
Serious adverse events					
AKI requiring dialysis	32 (9.1%)	57 (16.0%)	0.57 (0.38 to 0.86)	0.006	-6.85% (-11.7 to -2.0)
In-ICU mortality in patients with AKI	43 (12%)	55 (15%)	0.79 (0.55 to 1.15)	0.22	-3.15% (-8.23 to 1.92%)
Adverse events (biochemical)					
Hyperchloremia at					
24 hr	125/326 (38%)	168/325 (52%)	0.74 (0.62 to 0.88)	0.001	-13.4% (-21.0% to -5.77%)
48 hr	132/287 (46%)	180/297 (61%)	0.76 (0.65 to 0.88)	<0.001	-14.61% (-22.6% to -6.6%)
72 hr	102/229 (45%)	141/225 (63%)	0.71 (0.60 to 0.85)	<0.001	-17.7% (-26.71% to -8.66%)
Metabolic acidosis at					
6 hr	279/326 (86%)	290/331 (88%)	0.98 (0.90 to 1.05)	0.44	-1.74% (-7.59% to 4.11%)
24 hr	226/317 (71%)	256/323 (79%)	0.90 (0.83 to 0.99)	0.019	-7.69% (-14.38 to -1.02%)
48 hr	161/291 (55%)	192/297 (65%)	0.86 (0.74 to 0.97)	0.020	-9.69% (-17.59% to -1.79%)
72 hr	99/141 (70%)	124/158 (78%)	0.88 (0.77 to 1.01)	0.05	-8.97% (-18.92% to 0.96%)

Crit Care Med. 2023 Nov 1;51(11):1449-1460.

Crit Care Med. 2023 Nov 1;51(11):1449-1460.

รูปที่ 6: MES เทียบกับ 0.9% NaCl ใน pediatric septic shock

ขณะที่การศึกษาแบบ systematic review & meta-analysis⁹ ในผู้ป่วยเด็กที่มีภาวะ septic shock พบว่า การใช้ balanced solution ลดอัตราการเกิด AKI และความจำเป็นในการทำ RRT ได้ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ 0.9% NaCl ซึ่งสอดคล้องกับ Surviving Sepsis Campaign International Guidelines สำหรับเด็กที่มีภาวะ sepsis และ septic shock ล่าสุดในปี 2026¹⁰ ที่แนะนำให้ใช้ balanced solutions เป็น fluid bolus สำหรับ resuscitation แทน 0.9% NaCl (Conditional recommendation, very low certainty of evidence) (รูปที่ 7)

Surviving Sepsis Campaign International Guidelines for the Management of Sepsis and Septic Shock in Children 2026

Fluid bolus therapy

Do not use:

- a) If septic shock without hypotension in healthcare systems with no extensive care availability. **CS**
- b) If fluid overload is present. **CS**
- c) If hypernatremia is present.

Administer 10-20 mL/kg bolus of balanced or buffered crystalloid

Up to 40 mL/kg: For septic shock with hypotension in healthcare systems with NO extensive care availability

Up to 40-60 mL/kg: For septic shock in healthcare systems with extensive care availability

Fluid in mL/kg should be dosed as ideal body weight. Bolus volume may be reduced in selected patient subgroups.

For children with septic shock requiring treatment with fluid boluses, we suggest resuscitation with balanced or buffered crystalloid solutions over 0.9% saline (conditional recommendation, very low certainty of evidence).

Intensive Care Med. 2026 Mar 23

รูปที่ 7: Surviving Sepsis Campaign in Children 2026: แนะนำ balanced crystalloids แทนการใช้ 0.9% NaCl

Dengue Shock Syndrome (DSS)

การศึกษาแบบ RCT double-blind¹¹ ในผู้ป่วย DSS ซึ่งเปรียบเทียบสารน้ำหลายชนิด พบว่า Ringer's lactate ซึ่งเป็นสารน้ำในกลุ่ม First generation balanced crystalloids ให้ผลลัพธ์ทางคลินิกและตัวชี้วัดทางห้องปฏิบัติการที่แย่กว่าการใช้ 0.9% NaCl เนื่องจากสารน้ำในกลุ่ม First generation balanced crystalloids มี sodium อยู่เพียงประมาณ 130 mmol/L ทำให้มี osmolarity ที่ต่ำกว่าในพลาสมาอยู่เล็กน้อย ส่งผลให้คงอยู่ในหลอดเลือดได้น้อยกว่าและรั่วออกจากหลอดเลือดได้มากกว่า แต่ใน MES ซึ่งเป็นสารน้ำในกลุ่ม New generation balanced crystalloids จะมี osmolarity ที่สูงกว่า จึงอาจจะพิจารณาใช้ในผู้ป่วย DSS ได้ดีกว่า First generation balanced crystalloids

Diabetic Ketoacidosis (DKA)

ในผู้ป่วยเด็กที่มีภาวะ DKA มีการศึกษาแบบ RCT double-blind¹² เปรียบเทียบ 0.9% NaCl กับ Ringer's lactate เป็นสารน้ำเริ่มต้น พบแนวโน้มว่า balanced solution อาจช่วยให้ DKA หายเร็วขึ้นและลดภาวะ hyperchloremic acidosis ได้

Hemorrhagic shock

ในภาวะ hemorrhagic shock มีการศึกษาในหนูทดลองที่รายงานไว้ในปี 2012¹³ พบว่า การ resuscitation ด้วย balanced solution ให้ผลด้าน renal oxygenation, oxidative stress, extravascular lung water และ hemodynamics ที่ดีกว่า 0.9% NaCl

ผู้ป่วยใน Pediatric Intensive Care Unit (PICU) โดยรวม

การศึกษาแบบ RCT¹⁴ ในผู้ป่วยเด็กใน PICU ที่ใช้ MES เทียบกับ 0.9% NaCl เป็นสารน้ำในการ resuscitation พบว่า กลุ่ม MES มีอัตราการเสียชีวิตต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (2.5% เทียบกับ 7%, p = 0.03) รวมถึงให้ผลด้านสมดุลกรด-ด่าง และ electrolytes ที่ดีกว่า (รูปที่ 8)

Multiple electrolyte injection type 1 versus normal saline as resuscitation fluid in children : A randomized controlled trial

Table 4 : Laboratory and clinical outcomes among children receiving multiple electrolyte injection type 1 versus normal saline			
Outcome measure	Group A (Multiple Electrolytes Injection Type I)	Group B (NS)	Statistical significance (A vs. B) (P)
Change in pH	0.25±0.04	0.12±0.03	0.001
Change in bicarbonate (mEq/l)	6.51±1.32	2.76±1.03	0.001
Change in serum lactate (mmol/l)	-3.65±1.26	-2.03±1.06	0.03
Change in serum sodium (mEq/l)	4.8±11.04	6.39±8.19	0.11
Change in serum potassium (mEq/l)	0.27±0.59	0.007±0.824	0.08
Change in serum chloride (mEq/l)	0.86±5.50	5.15±8.27	0.02
Need for vasopressors (n=200), n (%)	22 (11)	36 (18)	0.04
Mean duration of hospital stay (days)	4.36	6.01	0.01
Mortality, n (%)	5 (2.5)	14 (7)	0.03

NS: Normal saline

Journal of Pediatric Critical Care. 2021; 8(3): 134-138

รูปที่ 8: MES เทียบกับ 0.9% NaCl ในคนไข้เด็กใน PICU

ควรเลือก Balanced crystalloids ชนิดใด

Balanced crystalloids แบ่งเป็นกลุ่ม First generation ได้แก่ Ringer's acetate และ Ringer's lactate และกลุ่ม New generation ได้แก่ MES โดยผลของการศึกษาแบบ meta-analysis ที่รายงานไว้ในปี 2021¹⁵ ซึ่งเปรียบเทียบ balanced crystalloids ด้วยกันพบว่าโดยรวมให้ผลลัพธ์ทางคลินิกใกล้เคียงกัน โดย MES มีแนวโน้มแก้ base excess ได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับ Ringer's lactate

ประเด็นจากช่วงถาม-ตอบและ Real-World Experience

Balanced solution ในผู้ป่วยที่มี Hyperkalemia

คำถามที่พบบ่อยคือ balanced solution มี potassium อยู่ประมาณ 4–5 mEq/L จะใช้ในผู้ป่วย hyperkalemia ได้หรือไม่ หลักฐานที่มีอยู่ในปัจจุบันบ่งชี้ว่า balanced crystalloids มีความปลอดภัยและมักเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมกว่า 0.9% NaCl ในผู้ป่วยที่มีภาวะ hyperkalemia เนื่องจาก 0.9% NaCl มี chloride สูงทำให้เกิด metabolic acidosis ซึ่งทำให้ potassium ออกนอกเซลล์และอาจเพิ่ม serum potassium ได้ แต่ในทางกลับกัน balanced solution ช่วยรักษาสมดุลกรด-ด่างจึงไม่เพิ่ม serum potassium และอาจลด serum potassium ได้เล็กน้อยด้วย โดยมีข้อมูลสนับสนุนจาก secondary analysis ของ SMART trial¹⁶ และ SALT-ED¹⁷ ในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่สรุปว่า การใช้ balanced solution มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะ hyperkalemia ที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ 0.9% saline (รูปที่ 9, 10)

Potassium level changes in chronic kidney disease patients following balanced crystalloid administration in the emergency department

Changes in electrolyte at follow up test within 24h.						
		Initial level, mean SD	Follow-up level, mean SD	Difference, mean SD	95% CI	P value
Without CKD (n = 87)	Sodium (mmol/L)	138.3 (5.2)	140.0 (4.9)	1.7 (2.8)	0.84–2.48	<.001
	Potassium (mmol/L)	4.2 (0.7)	4.0 (0.6)	–0.2 (0.3)	–0.39 to –0.11	<.001
	Chloride (mmol/L)	103.8 (6.3)	105.3 (5.7)	1.9 (5.2)	0.50–1.88	<.001
With CKD (n = 87)	Sodium (mmol/L)	138.3 (4.9)	140.2 (4.0)	1.9 (5.2)	1.18–2.53	<.001
	Potassium (mmol/L)	4.3 (0.6)	4.1 (0.6)	–0.1 (0.3)	–0.22 to –0.03	.003
	Chloride (mmol/L)	104.0 (6.2)	105.9 (5.4)	2.0 (5.1)	1.44–2.72	<.001

BUN = blood urea nitrogen, CI = confidence interval, CKD = chronic kidney disease, SD = standard deviation.

Table 3				
The differences in electrolyte levels changes between patients with or without CKD.				
	Without CKD (n = 87)	With CKD (n = 87)		
	Difference, mean SD	Difference, mean SD	95% CI	P value
Sodium, mean SD, mmol/L	1.7 (2.8)	1.9 (3.2)	–1.16–0.87	.728
Potassium, mean SD, mmol/L	–0.2 (0.5)	–0.1 (0.5)	–0.25–0.05	.452
Chloride, mean SD, mmol/L	1.9 (3.2)	2.0 (3.1)	–1.82–0.07	.722

BUN = blood urea nitrogen, CI = confidence interval, CKD = chronic kidney disease, eGFR = estimated glomerular filtration rate, PSA = plasma solution A, SD = standard deviation.

Medicine (Baltimore). 2023 Sep 29;102(39):e35026.

Medicine (Baltimore). 2023 Sep 29;102(39):e35026.

รูปที่ 10: การใช้สารน้ำกลุ่ม Balanced solution และระดับ serum potassium ในคนไข้ CKD

ความคุ้มค่า (Cost-effectiveness)

การคำนวณความคุ้มค่าโดยใช้ number needed to treat (NNT)¹⁸ ในผู้ป่วยเด็กที่มีภาวะ septic shock พบว่า การใช้ MES ประมาณ 14–15 ราย ช่วยป้องกัน renal replacement therapy (RRT) ได้ 1 ราย³ และการใช้ MES ประมาณ 22 ราย ช่วยป้องกันการเสียชีวิตได้ 1 ราย¹⁴ โดยเมื่อคิดต้นทุนต่อรายแล้วพบว่า Balanced crystalloids มี cost-effectiveness ที่ดีมากเมื่อเทียบกับ 0.9% NaCl

ผลการศึกษาของ PROmPT BOLUS Trial

ผลการศึกษา PROmPT BOLUS¹⁹ พบว่า ในผู้ป่วยเด็กที่สงสัยภาวะ septic shock ที่ระดับความรุนแรงไม่มาก (serum lactate เริ่มต้นเฉลี่ยที่ 1.9 mmol/L) การให้ balanced crystalloid 1 dose (20 mL/kg) ตามหลังการให้ 0.9% NaCl 1 dose (20 mL/kg) ไม่ได้เพิ่มความเสี่ยงของ AKI หรือการเสียชีวิตเมื่อเทียบกับการใช้ 0.9% NaCl (20 mL/kg) 2 โดส อย่างไรก็ตาม ผลของการศึกษานี้ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยเด็กที่มี severe septic shock (initial serum lactate มากกว่า 2.0 mmol/L) หรือในผู้ป่วย fluid refractory shock ที่จำเป็นต้องได้ IV fluid 40–60 mL/kg ใน 1 ชั่วโมง

References

1. Lobo DN, Awad S. Should chloride-rich crystalloids remain the mainstay of fluid resuscitation to prevent 'pre-renal' acute kidney injury? *Kidney Int.* 2014 Dec;86(6):1096–105.
2. Powell-Tuck J, et al. Summary of the British Consensus Guidelines on Intravenous Fluid Therapy for Adult Surgical Patients (GIFTASUP) – For Comment. *Journal of the Intensive Care Society.* 2009;10(1):13–15.
3. Wilcox CS. Regulation of renal blood flow by plasma chloride. *J Clin Invest.* 1983 Mar;71(3):726–35.
4. Chua HR, et al. Plasma-Lyte 148 vs 0.9% saline for fluid resuscitation in diabetic ketoacidosis. *J Crit Care.* 2012 Apr;27(2):138–45.
5. Suetrong B, et al. Hyperchloremia and moderate increase in serum chloride are associated with acute kidney injury in severe sepsis and septic shock patients. *Crit Care.* 2016 Oct 6;20(1):315.
6. Thongprayoon C, et al. Chloride alterations in hospitalized patients: Prevalence and outcome significance. *PLoS One.* 2017 Mar 22;12(3):e0174430.
7. Stenson EK, et al. Hyperchloremia is Associated With Complicated Course and Mortality in Pediatric Patients With Septic Shock. *Pediatr Crit Care Med.* 2018 Feb;19(2):155–60.
8. Sankar J, et al. Multiple Electrolytes Solution Versus Saline as Bolus Fluid for Resuscitation in Pediatric Septic Shock: A Multicenter Randomized Clinical Trial. *Crit Care Med.* 2023 Nov 1;51(11):1449–60.
9. Chandel S, et al. Balanced Salt Solution Versus Normal Saline as Resuscitation Fluid in Pediatric Septic Shock: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Intensive Care Med.* 2026 Apr;41(4):274–83.
10. Weiss SL, et al. Surviving Sepsis Campaign International Guidelines for the Management of Sepsis and Septic Shock in Children 2026. *Intensive Care Med.* 2026 May;52(5):937–83.
11. Dung NM, et al. Fluid replacement in dengue shock syndrome: a randomized, double-blind comparison of four intravenous-fluid regimens. *Clin Infect Dis.* 1999 Oct;29(4):787–94.
12. Aganwal A, et al. 0.9% Saline versus Ringer's lactate as initial fluid in children with diabetic ketoacidosis: a double-blind randomized controlled trial. *BMJ Open Diabetes Res Care.* 2025 Apr 7;13(2):e004623.
13. Aksu U, et al. Balanced vs unbalanced crystalloid resuscitation in a near-fatal model of hemorrhagic shock and the effects on renal oxygenation, oxidative stress, and inflammation. *Resuscitation.* 2012 Jun;83(6):767–73.
14. Arya V, et al. Plasmalyte versus normal saline as resuscitation fluid in children: A randomized controlled trial. *J Pediatr Crit Care.* 2021;8(3):134–38.
15. Curran JD, et al. Comparison of Balanced Crystalloid Solutions: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Crit Care Explor.* 2021 May 14;3(5):e0398.
16. Toporek AH, et al. Balanced Crystalloids versus Saline in Critically Ill Adults with Hyperkalemia or Acute Kidney Injury: Secondary Analysis of a Clinical Trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2021 May 15;203(10):1322–25.
17. Kong S, Kwon H. Potassium level changes in chronic kidney disease patients following balanced crystalloid administration in the emergency department. *Medicine (Baltimore).* 2023 Sep 29;102(39):e35026.
18. <https://clincalc.com/stats/ntn.aspx>
19. Balamuth F, et al. PROmPT BOLUS Investigators of the PECARN, PERC, and PREDICT Networks. Balanced Fluid or 0.9% Saline in Children Treated for Septic Shock. *N Engl J Med.* 2026 Apr 24;1056(NEJMoa2601969).